

SINTESA, KARAKTERISASI DAN FABRIKASI MATERIAL BERPORI UNTUK APLIKASI PELET APUNG (*FLOATING FEED*)

Bambang Sunendar Purwasasmita dan Roland P.H.
Laboratorium Proses Material, Prodi Teknik Fisika – ITB
Lab-Tek VI, Jl. Ganesha No 10, Bandung-40132
Tlp. (022) 2534174 ; e-mail : purwa@tf.itb.ac.id

ABSTRAK

Pembuatan material berpori untuk pelet apung (*floating feed*) telah berhasil dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat produk pakan ikan yang mampu mengapung di air dengan memodifikasi struktur pori dari materialnya. Parameter uji yang dibandingkan meliputi densitas, absorpsi air, porositas, dan waktu apung (*floating time*). Bahan baku yang digunakan adalah bahan baku polimer organik alam yang didapatkan dari bahan lokal yang banyak dikonsumsi masyarakat umum. Formulasi komposisi sampel dilakukan dengan metoda square. Pemasakan dilakukan dalam *steam chamber mixer* pada temperatur berkisar dari 70–95°C selama 20-30 menit, dilanjutkan dengan pembuatan pelet menggunakan *extruder* dengan dies berdiameter 4 mm untuk kompaksi. Hasil pengujian menunjukkan nilai waktu apung rata-rata dari semua variasi sampel sebesar 66 menit dan nilai waktu apung tertinggi mencapai 246 menit (4 jam) dengan rapat massa rata-rata 0,79 gr/cm³ dan tingkat porositas 66,7%. Nilai absorpsi air yang merupakan manifestasi karakteristik fisik *swelling* partikel mencapai 76,4%. Unsur pati (*starch*) pada kedua polimer organik yang digunakan merupakan unsur terpenting dalam keberhasilan proses gelatinisasi untuk mendapatkan kualitas produk pakan disamping temperatur uap, kandungan air dan waktu pemasakan. Rasio antara rantai polimer amilose dan amilopektin yang terdapat dalam granul pati akan menentukan modifikasi struktur pori yang dihasilkan.

Kata kunci : Pelet apung, gelatinisasi, pati, porositas

SYNTHESIS, CHARACTERIZATION AND FABRICATION OF POROUS MATERIAL FOR FLOATING FEED APPLICATION

ABSTRACT

The production of porous floating feed material has been successfully done. The purpose of this research is to produce fish feed which has capability to float on the water by modifying pore structures of its material. There are compared testing parameters such as density, water adsorption, porosity, and floating time. Raw materials used are organic polymer raw materials that are acquired from local material widely consumed by public. The composition formulation of the samples

was done by using square methods. The cooking was done in a steam chamber mixer at 70-95°C for 20-30 minutes, followed by the making of pellet using an extruder with 4 mm of dies diameter for compaction. The test result showed that the average floating time of all sample variations was 66 minutes and the highest floating time reached 246 minutes (4 hours) with 0.79 gr/cm³ of average mass density, and 66.7% of porosity level. The water adsorption value as a manifestation of physical characteristic of particle swelling reached the value of 76.4%. The starch component of both organic polymers used is the most important component for the success of gelatination process in order to get the feed product quality besides the vapor temperature, water content, and cooking time. The ratio between amylose and amylopectin polymer chains in the starch granules will determine the modified pore structures.

Keywords: Floating feed, gelatination, starch, porosity

PENDAHULUAN

Indonesia yang merupakan negara agraris dengan potensi sumber daya alam yang melimpah. Salah satu potensi yang menjanjikan adalah di sektor perikanan. Sektor *on-farm* yang meliputi penangkapan, pembibitan, dan pemeliharaan ikan telah dikuasai dengan baik, akan tetapi dari sektor *off-farm* masih sangat terbatas (Kelompok Petani Subang, 2006). Salah satu yang paling menonjol adalah teknologi pembuatan pakan ikan.

Data Departemen Perindustrian menyatakan bahwa hanya 15-20% produsen yang masih beroperasi dalam memproduksi pakan, dan saat ini hanya industri besar saja yang masih bertahan. Permasalahan utama yang dihadapi oleh produsen pakan yaitu daya beli pembudidaya ikan yang menurun yang disebabkan oleh harga pakan yang semakin tinggi, hal ini disebabkan komponen biaya yang paling besar dari sektor budidaya ikan adalah biaya pakan yang mencapai 70% dari total biaya produksi. Biaya pakan yang demikian tinggi ditengarai oleh ketergantungan pada bahan baku impor dan teknologi proses pembuatannya masih didominasi oleh teknologi asing khususnya untuk jenis pelet ikan apung (*floating fish feeds*). Oleh karena itu untuk mencari solusi dalam memecahkan masalah ini adalah dengan cara menguasai teknologi proses sintesa untuk pelet ikan mengapung termasuk mesin pembuatnya yang mempunyai *local content* yang cukup besar dan mampu dilakukan secara massal serta sederhana oleh para pembudidaya ikan untuk menurunkan biaya produksinya.

Seperti pemrosesan material secara umum, proses pembuatan peletpun harus mengikuti kaidah-kaidah dasar dalam pemrosesan material secara umum, misalnya: proses persiapan powder (komposisi, ukuran partikel dan bentuk partikel), proses pembentukan (*forming*), *sintering* (pemasakan) dan densitas (Guy, 2001; Bergosen, 2005, FAO; 1980, FAO, 1987), sehingga kaidah dasar ini dapat diaplikasikan untuk mendisain material berpori yang dapat digunakan untuk pelet ikan apung.

Material berpori (*porous material*) merupakan material yang dibangun oleh dua bagian penyusun yaitu bagian padat (*solid*) dan bagian rongga yang diisi oleh fasa gas/udara. Material berpori diklasifikasikan menjadi tiga jenis yang dibedakan berdasarkan ukuran diameter dari pori, yaitu mikroporus ($< 2 \mu\text{m}$), mesoporus ($2\text{-}50 \mu\text{m}$) dan makroporus ($> 50 \mu\text{m}$). Saat ini aplikasi material berpori banyak digunakan sebagai membran, filter, refraktori, dll. Salah satu aplikasi yang sederhana tetapi relatif baru adalah untuk pelet ikan apung. Struktur pori ini dapat dimanfaatkan untuk membuat pakan yang dapat mengapung di air sampai berjam-jam lamanya.

Pakan apung secara umum dapat diklasifikasikan dalam tiga katagori tiga jenis yaitu pelet tenggelam (*sinking feed*), pelet semi apung (*slow sinking*), dan pelet apung (*floating feed*). Ketiga jenis ini dibedakan berdasarkan waktu yang diperlukan pakan untuk tenggelam. Jenis pakan tenggelam, seketika langsung tenggelam menuju ke dasar kolam, jenis pakan lambat tenggelam membutuhkan waktu untuk mencapai dasar kolam, sedang jenis pakan apung dapat mengapung di air sampai 15 menit atau beberapa jam dan setelah *swelling* mencapai titik jenuh air yang mampu diserap, baru pakan akan tenggelam. Demikian juga dalam bentuk, pakan dibagi tiga bagian yaitu *mash*, *pellet apung*, dan *crumble*. Pakan berbentuk *mash* merupakan bentuk sederhana yang merupakan campuran serbuk atau tepung tanpa dilakukan proses pembentukan (*forming*), sedangkan *pellet* dan *crumble* diolah dengan bantuan *extruder* supaya kompak. Bentuk *pellet* dan *crumble* memiliki keunggulan dibandingkan dengan bentuk *mash* karena distribusi komposisi pakan lebih merata sehingga *loss of nutrition* bisa dicegah serta tidak akan tercecceh pada waktu dikonsumsi oleh ikan.

Sifat yang paling penting dari material berpori adalah struktur porinya. Keberadaan pori dalam pelet akan mempengaruhi keseluruhan sifat fisiknya yaitu sifat mekanik dan performansi permukaan pakan. Pori didefinisikan sebagai sebuah ruang pada material yang ukurannya melebihi besar dari dimensi atomiknya sehingga material asing akan berdifusi melewati ruang ruang kosong tersebut. Dengan kata lain porositas merupakan perbandingan antara ruang kosong yang terdapat dalam produk (*void*) dengan volume produk pakan. Beberapa metode karakterisasi dari porositas ini dapat dilakukan dengan menggunakan *mercury porosimetry*, *scanning electron microscope (SEM)* atau dengan cara yang sederhana yaitu metoda *archimedes*. Jenis pori yang langsung dapat terukur tentunya yang berada dipermukaan yang disebut dengan *open pores*, sedangkan yang berada di bagian dalam dari produk diperlukan bantuan mesin vakum untuk memasukan cairan sebagai media pembantu pengukuran, untuk pori pada bagian dalam produk disebut dengan *closed pores*. Jumlah total ruang kosong dari produk adalah jumlah dari volume *open pores* dan *closed pores*.

Dalam pengukuran sifat porositas dari suatu produk ada dua jenis porositas yaitu *apparent porosity* dan *true porosity*. *Apparent porosity* adalah besaran hasil ukur dari pori-pori yang interkoneksi dan dapat digunakan untuk menentukan permeabilitas yaitu kemudahan suatu fasa cair atau gas untuk difusi kedalam

sebuah material melalui pori tersebut. Harga apparent porosity ini didapatkan dengan menimbang berat kering dari sampel atau *dry weight* (W_d), menimbang berat saat sampel dalam air atau disebut *suspended weight* (W_s) dan menimbang berat setelah saturasi atau *saturated weight* (W_w). *True porosity* menggambarkan jumlah pori sebenarnya mulai dari *interconnected pores* dan *closed pores*. *True porosity* menggambarkan porositas material lebih akurat dibanding *apparent porosity*.

Dengan adanya porositas akan menurunkan kekuatan mekanik dan stabilitas pelet sehingga mudah terurai saat kena air. Oleh karena itu pengontrolan struktur pori menjadi penting dalam meningkatkan stabilitas dan kekuatan mekaniknya. Pengontrolan struktur pori dapat dilakukan pada saat proses gelatinisasi dan kompaksi.

Batasan Masalah

Penelitian ini tidak ditekankan pada kandungan nutrisinya, tetapi pada teknik bagaimana membuat komposisi adonan untuk mendapatkan pelet yang mampu mengapung tanpa mengganggu kandungan nutrisinya, komposisi adonan disusun sesuai dengan bahan baku lokal yang ada di pasaran, besar kemungkinan kandungan nutrisinya masih tidak sesuai dengan standard. Walaupun demikian komposisi pakan yang dibuat adalah dengan memvariasikan unsur-unsur dari protein (termasuk asam amino), lemak, serat kasar, karbohidrat, vitamin, abu, dan air. Tabel 1 memperlihatkan variasi komposisi dari sampel yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Variasi Komposisi Sampel

No	Bahan	Kode	Sample 1 %	Sampel 2 %	Sampel 3 %	Sample4 %
1	SS	SS	5	10	15	20
2	TJ	TJ	15	15	15	15
3	Dedak Padi	DP	10	10	10	10
4	Vitamin	Vit	2	2	2	2
5	Bungkil Kedelai	BK	?	?	?	?
6	Tepung Ikan	TI	?	?	?	?

Keterangan : tanda (?) mengikuti kesetimbangan %berat.

Variasi komposisi sampel dilakukan berdasarkan karakteristik nutrisi yang ingin dicapai seperti terlihat pada Tabel 2. Variasi dilakukan pada bahan SS dan TJ, dan ini merupakan parameter proses. Sedangkan jumlah komposisi BK dan TI akan dihitung dengan menggunakan formulasi *square method* (Labconco, 1991) dimana susunan komposisi bahan didasarkan pada pembagian bahan-bahan menurut kandungan protein. Karena kedua komposisi inilah yang memberikan kontribusi yang besar dalam kandungan protein. Kandungan protein ini harus diperhitungkan dengan cermat karena merupakan jenis nutrisi yang paling banyak dibutuhkan dan

mempunyai presentase komposisi yang paling besar, selain itu juga kebutuhan asam amino dalam kandungan nutrisinya.

Tabel 2. Karakteristik Nutrisi Pakan

Jenis Nutrisi	Jumlah (%)
Protein	30-35
Lemak	6
Serat Kasar	4-8
Abu	12
Kandungan Air	10

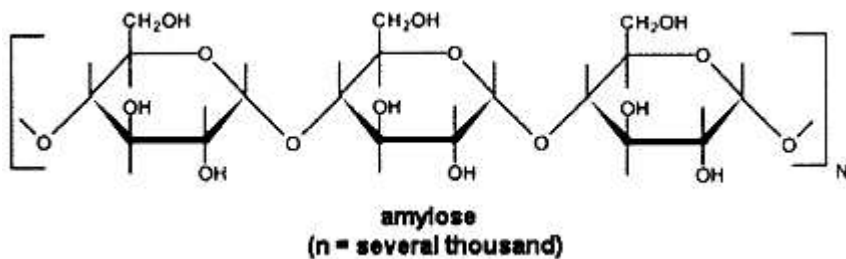
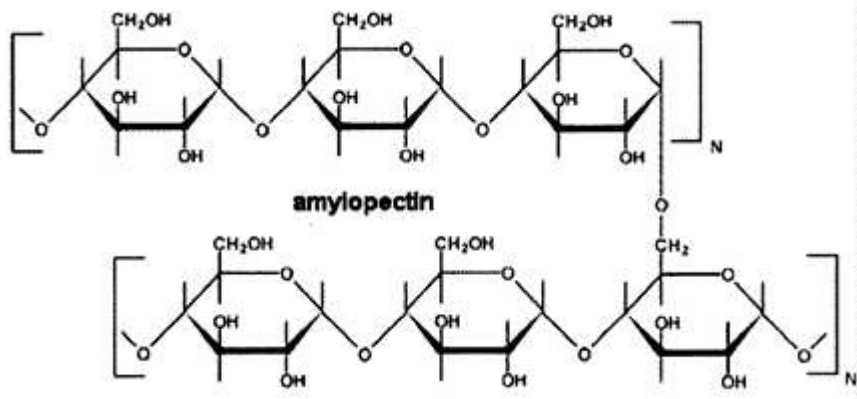
Dari karakteristik nutrisi pakan dengan menggunakan formulasi *square method* pada penelitian ini dibuat jumlah TI dan BK masing masing berkisar pada 32-60% dan 3-39%.

Proses Pengukusan (*Steaming*)

Proses pengukusan merupakan tahapan proses yang sangat penting, selain proses ini bertujuan untuk membunuh bakteri juga merupakan tahap aglomerasi partikel dengan bantuan bahan perekat (*binder*) yang diikuti dengan proses gelatinisasi. Unsur yang sangat berperan dalam proses gelatinisasi ini adalah pati (*starch*). Pati inilah yang membentuk struktur rantai polimer amilose dan amilopektin pada saat proses gelatinisasi. Setelah proses *steaming* ini kemudian dilanjutkan dengan proses kompaksi menggunakan ekstruder, dan kandungan uap air dalam powder berkisar 30–40% dan akan berkurang menjadi 10-12% setelah keluar dari ekstruder (Wikipedia, 2006).

Pati (*starch*)

Sira (2000) menyatakan bahwa Pati merupakan jenis polisakarida yang mempunyai komposisi kimia $C_6H_{10}O_5$ dan *specific Gravity* sebesar 1,53. Selain sebagai bahan perekat (*binder*) pati juga sebagai cadangan karbohidrat. Pati terdapat dalam bahan alami seperti dalam unsur SS (70-75%) dan TJ (18-20%), maupun dalam bahan sintesis seperti methinol karbamid. Pati mempunyai struktur polisakarida yang terdiri dari unit glukosa yang berulang. Struktur polimer pati terdiri dari dua jenis rantai polimer yaitu yang linear disebut dengan amilose dan yang bercabang disebut dengan amilopektin. Gambar 1 dan Gambar 2, memperlihatkan kedua struktur tersebut.

**Gambar 1.** Struktur Amilose**Gambar 2.** Struktur Amilopektin

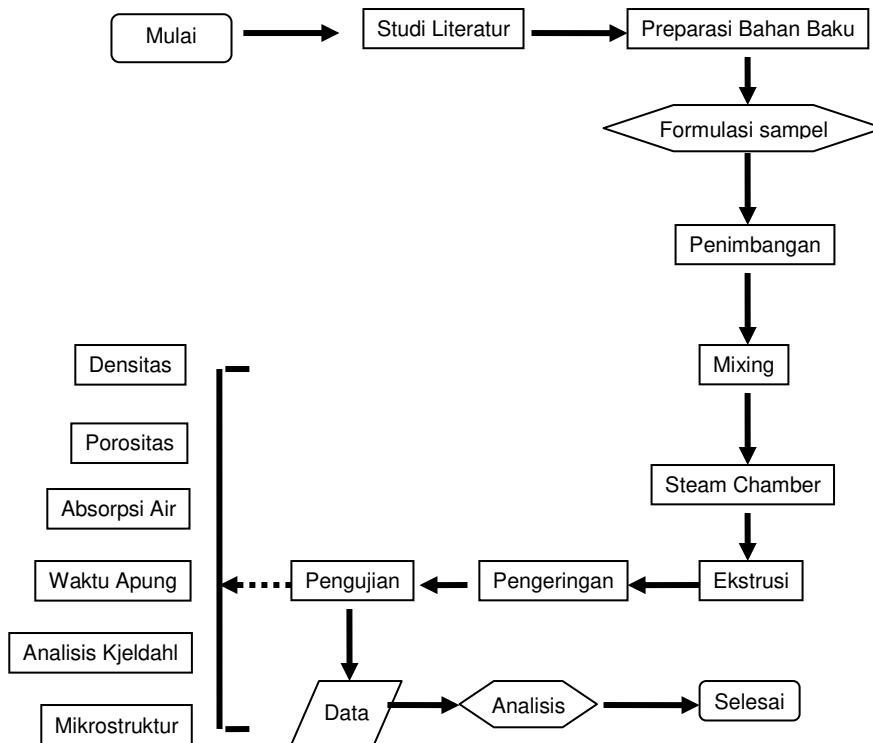
Pati bersifat tidak larut dalam air, akan tetapi jika diberi perlakuan panas dalam proses *steaming* maka granul pati akan mengapung dan menyerap air, sifat lainnya adalah sebagai *binder* dan juga sebagai *plastizicer* yang mampu memberikan sifat lentur pada produk pelet setelah diekstrusi dan stabilitasnya meningkatkan. Difusi air kedalam struktur pati akan meningkatkan daya cerna bahan (*digestibility*) dan mempercepat enzim amilase untuk memecah rantai pati menjadi bentuk-bentuk karbohidrat yang lebih sederhana dan mudah larut. Oleh karena komposisi kimia yang kompleks maka pati dan produk turunannya banyak digunakan untuk memodifikasi sifat fisik dari panganan (Sira, 2000).

Proses Gelatinisasi

Menurut Onwulata (2003), proses gelatinisasi terjadi ketika dilakukan proses pengukusan atau perlakuan panas menggunakan uap air pada pati, sehingga terjadi proses disrupsi atau kehancuran rantai molekul pati yang dimanifestasikan dalam perubahan karakter fisik pati yang bersifat irreversibel seperti *swelling*,

pelelehan struktur semikristalin, dan kelarutan pati. Terjadinya perubahan sifat fisik dari pati tersebut akan meningkatkan viskositas dan berubah menjadi pasta.

BAHAN DAN METODE



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Preparasi Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini seluruhnya diperoleh dari pasar lokal tradisional. Secara fisik tepung bahan baku masih kasar bahkan masih berbentuk granul. Bahan baku ini kemudian di haluskan menggunakan metoda *mechanical attrition* (*ball mill*, *hammer mill*) kecuali bahan SS yang ukurannya sudah halus. Ukuran partikel rata-rata yang digunakan kurang dari 100 μm .

Perhitungan komposisi sampel dilakukan menggunakan formulasi *square method* seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Pada penelitian ini dilakukan variasi pada bahan SS dan TJ, yang menurut hipotesis peneliti akan memberikan

struktur pori interkoneksi tertentu yang akan menentukan performansi produk akhir dari pelet yang dimanifestasikan dengan waktu apung.

Variasi komposisi bahan SS dan TJ dijadikan sebagai variasi kunci, sedangkan variasi pada bahan baku yang lain tidak menjadi fokus utama pada penelitian ini. Oleh karena itu, komposisi dibuat seimbang untuk mencapai jumlah total dalam % berat menjadi 100%.

Variasi komposisi yang terlihat pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5, adalah tiga jenis variasi komposisi sampel pada penelitian ini.

Tabel 3. Variasi Komposisi Pertama dari sampel

Bahan	Sampel			
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)
SS	5	10	15	20
TJ	15	15	15	15
DP	10	10	10	10
Vit	2	2	2	2
TI	60	43	35	29
BK	3	15	18	19

Tabel 4. Variasi Komposisi Kedua dari sampel

Bahan	Sampel			
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)
SS	15	15	15	15
TJ	10	15	20	25
DP	10	10	10	10
Vit	2	2	2	2
TI	56	42	35	29
BK	7	16	18	19

Tabel 5. Variasi Komposisi Ketiga dari sampel

Bahan	Sampel			
	1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)
SS	5	10	15	20
TJ	10	15	20	25
DP	10	10	10	10
Vit	2	2	2	2
TI	32	50	32	23
BK	39	11	19	18

Catatan : jumlah tidak 100% disebabkan akurasi alat ukur.

Pada variasi pertama, jumlah % berat SS divariasikan dengan meningkatkan % berat SS sebesar 5% untuk setiap sampel, sementara TJ dibuat konstan dan bahan baku yang lain karena tidak mempengaruhi pada waktu apung dibuat seimbang. Pada variasi kedua, % berat SS dibuat konstan dan sebaliknya bahan TJ meningkat 5% untuk setiap sampelnya, sedangkan variasi ketiga, memvariasikan kedua bahan SS dan TJ seperti pada Tabel 5.

Komposisi yang telah ditetapkan sebagai sampel dengan perbandingan % berat kemudian dilakukan pencampuran dengan menggunakan *ball mill* dengan bola penumbuk alumina diameter 15 mm selama 1 jam, supaya seluruh unsur dapat tercampur dan terdistribusi dengan merata.

Tepung yang siap masak kemudian diteruskan kedalam *chamber steam mixer* untuk proses pemasakan dengan rentang waktu selama 20-30 menit pada rentang temperatur 70-90°C, uap panas akan mengukus tepung pakan sampai terjadi gelatinisasi, sampai bubuk berubah fisik menjadi pasta.

Pasta pakan yang dihasilkan kemudian dikirim ke tahapan pembentukan pelet dengan cara diekstrusi dengan diameter dies 4 mm dan dilakukan pemotongan secara otomatis, dan didinginkan menggunakan konveksi paksa tiupan udara dingin bertujuan untuk mengurangi kandungan air yang terjebak didalam pori-pori pakan serta untuk meningkatkan kekuatan mekanik pelet dan tidak menempel satu dengan yang lainnya.

Serangkaian pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter proses terhadap karakteristik fisik pelet. Ada empat pengujian yang dilakukan yaitu rapat massa, absorpsi air, porositas dan waktu apung. Selain itu mikrostruktur dari pori di observasi dengan menggunakan SEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Rapat Massa

Tabel 6. Rapat Massa Sampel Pada Variasi 1, 2, dan 3

Sampel Variasi (V)	Rapat massa (gr/cm ³)			
	1	2	3	4
Sampel Variasi 1 (V1)	1,5	0,67	0,67	0,5
Sampel Variasi 2 (V2)	0,75	1	0,75	0,67
Sampel Variasi 3 (V3)	1	0,67	0,67	0,67

*Absorpsi Air***Tabel 7.** Absorpsi Sampel Pada Variasi 1, 2, dan 3

Sampel Variasi (V)	Absorpsi Air (%)			
	1	2	3	4
Sampel Variasi 1 (V1)	33,3	66,7	100	100
Sampel Variasi 2 (V2)	66,7	66,7	66,7	100
Sampel Variasi 3 (V3)	33,3	66,7	66,7	150

*Porositas***Tabel 8.** Porositas Sampel Pada Variasi 1, 2, dan 3

Sampel Variasi (V)	Porositas (%)			
	1	2	3	4
Sampel Variasi 1 (V1)	50,0	50,0	66,7	75,0
Sampel Variasi 2 (V2)	66,7	66,7	66,7	66,7
Sampel Variasi 3 (V3)	50,0	66,7	66,7	75,0

*Waktu Apung***Tabel 9.** Waktu Apung Sampel Pada Variasi 1

Sampel Variasi 1 (V1)	Floating Time (menit)										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Series 1 (S1)	3	5	5	6	3	5	12	6	10	6	6,1
Series 2 (S2)	10	12	10	10	3	4	7	15	20	25	11,6
Series 3 (S3)	47	35	62	70	64	64	64	56	58	63	58,3
Series 4 (S4)	85	120	145	102	112	90	110	112	90	95	106,1

Tabel 10. Waktu Apung Sampel Pada Variasi 2

Sampel Variasi 2 (V2)	Floating Time (menit)										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Series 1 (S1)	34	32	5	6	3	5	12	6	10	6	6,1
Series 2 (S2)	55	36	30	42	50	40	60	55	52	46	46,6
Series 3 (S3)	40	83	76	95	90	78	80	81	85	80	78,88
Series 4 (S4)	68	102	95	98	81	87	85	77	80	85	85,8

Tabel 11. Waktu Apung Sampel Pada Variasi 3

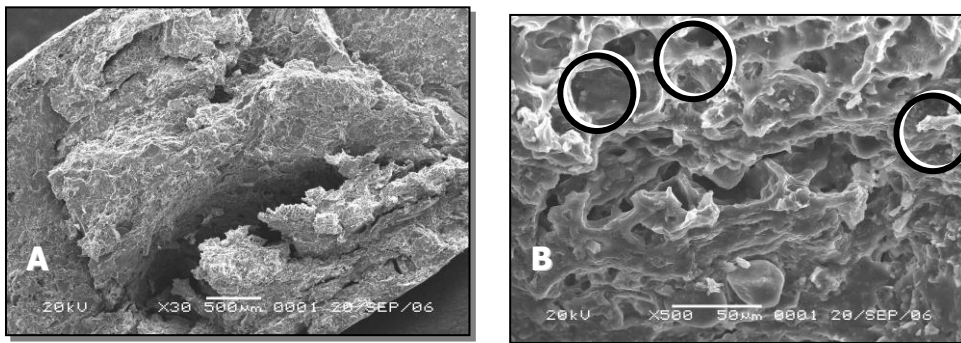
Sampel Variasi	Floating Time (menit)										Rata-rata
3 (V3)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Series 1 (S1)	15	25	29	5	8	4	5	6	16	24	13,7
Series 2 (S2)	20	24	30	32	30	27	17	23	38	36	27,7
Series 3 (S3)	62	63	62	65	52	58	55	59	139	120	73,5
Series 4 (S4)	227	180	248	348	268	173	203	147	338	330	246,2

Analisis Kjeldahl

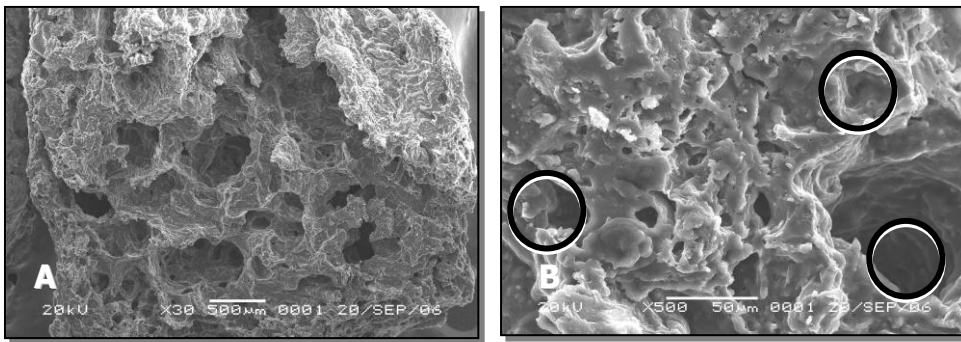
Tabel 12. Kandungan Protein Sampel Variasi 1, 2 dan 3

Sampel Variasi (V)	Hasil Perhitungan Kadar Protein (%)	Hasil Analisis Kadar Protein (%)
V1S4	25,14	11,13
V2S4	25,59	14,19
V3S4	22,39	11,06

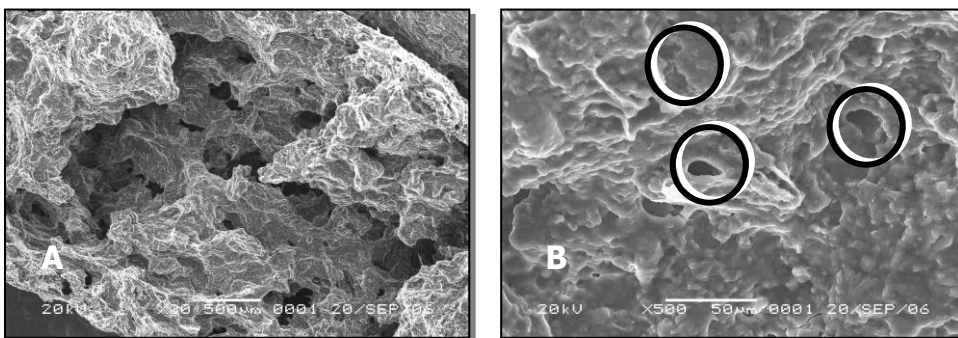
Karakterisasi Microstruktur



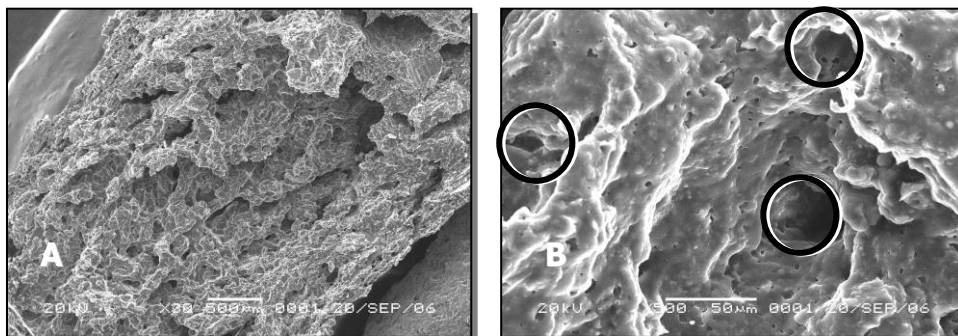
Gambar 4. Permukaan Sampel V_1S_1 Tampak Muka (A) dan Penampang (B)
(O = Pori Interkoneksi)



Gambar 5. Permukaan Sampel V_1S_4 Tampak Muka (A) dan Penampang (B)
(O = Pori Interkoneksi)



Gambar 6. Permukaan Sampel V_2S_4 Tampak Muka (A) dan Penampang (B)
(O = Pori Interkoneksi)



Gambar 7. Permukaan Sampel V_3S_4 Tampak Muka (A) dan Penampang (B)
(O = Pori Interkoneksi)

Pembahasan

Pengaruh Densitas Terhadap Sifat Mengapung (Buoyancy)

Dari data pengujian densitas didapatkan nilai rata-rata densitas sampel adalah 0.67 g/cm^3 . Semakin kecil nilai densitas akan menyebabkan partikel semakin mudah dan lama mengapung di air karena strukturnya yang semakin ringan. Ratio pori dan *solid* dari pelet yang dihasilkan tetap harus dikontrol, karena ini merupakan parameter yang secara tidak langsung akan berpengaruh pada kesetimbangan kandungan nutrisi yang masih layak untuk dikonsumsi oleh ikan. Pengontrolan kepadatan nutrisi per volumenya dapat dimodifikasi dengan mengatur besar gaya kompaksi dari pada ekstrudernya. Tetapi rapat massa pelet tetap dipertahankan harus kurang dari rapat massa air yaitu 1. Walau harga rapat massa ini sangat dipengaruhi oleh komposisi penyusun pakan, tetapi kecenderungan yang terjadi adalah rapat massa akan tetap rendah apabila komposisi dari % berat SS dan TJ dibuat seoptimal mungkin sehingga pelet pakan tetap mempunyai struktur pori yang teratur dan saling berhubungan. Hal ini terlihat pada variasi komposisi Tabel 5 dan struktur mikro pada Gambar 5.

Pengaruh Absorpsi Air Terhadap Waktu Apung

Nilai Absorpsi air menyatakan kemampuan atau ketahanan suatu material untuk dapat menyerap air melalui pori yang ada. Kemampuan absorpsi air ini dipengaruhi oleh banyaknya granul pati yang terkandung dalam bahan penyusun pakan. Pembentukan rantai amilose dan amilopektin sebagai produk transformasi fasa dari pati hasil proses gelatinisasi saat steaming akan semakin banyak dan ini akan menghasilkan proses swelling yang sempurna. Oleh karena itu, makin banyak granul pati yang ada dalam suatu bahan maka akan semakin banyak air yang dapat terabsorpsi, kemampuan ini akan meningkatkan ketahanan pakan di air semakin tinggi, waktu apung semakin lama dan tentunya akan mudah dicerna oleh ikan. Dari data percobaan, Jumlah pati sangat tergantung pada komposisi unsur SS dan TJ, dimana prosentasi absorpsi air yang diperoleh dari pengujian menunjukkan nilai rata-rata absorpsi air sebesar 66,7% dengan nilai terendah 33,3% dan tertinggi 150%. Terlihat disini peran unsur SS dan TJ semakin besar, dimana pada variasi 20% SS dan 25% TJ secara tidak langsung memiliki jumlah granul pati yang paling banyak.

Pengaruh Porositas Terhadap Waktu Apung

Dari uji porositas diperoleh hampir semua sampel yang memiliki presentase porositas yang cukup tinggi secara visual dapat dilihat dari gambar mikro strukturnya yang diambil oleh SEM. Nilai porositas rata-rata tiap sampel berkisar dari 60,4% sampai 66,7% dengan nilai tertinggi yaitu 75%. Pori dapat terbentuk setelah proses pengeringan sampel dilakukan. Uap air yang terjebak pada proses retrogradasi ketika proses pengeringan akan keluar dan meninggalkan ruang

kosong atau pori. Semakin banyak uap air yang terjebak maka porositas akan semakin tinggi. Struktur pori ideal yang diharapkan adalah terbentuknya pori interkoneksi yang mempunyai distribusi merata sehingga terbentuknya saluran-saluran kapiler tempat difusinya air seperti yang diperlihatkan oleh Gambar 4 sampai Gambar 7 secara berurutan, dimana struktur pori yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh ratio persen berat SS/TJ. Khusus untuk sampel V_1S_4 pada Gambar 5 memperlihatkan morfologi saluran kapiler dari interkoneksi pori dan ini akibat pengaruh SS yang mempunyai jumlah amilose yang rendah, sehingga pengikatan kembali antar rantai polimer yang terlarut dengan granul pati sedikit dan akibatnya meninggalkan banyak ruang kosong atau pori.

Secara umum, porositas akan mempengaruhi lama waktu apung, makin tinggi porositas, densitas akan semakin rendah dan mengakibatkan waktu apung makin lama. Lamanya waktu apung sangat tergantung pada banyaknya saluran kapiler, dimana saluran ini tempat difusinya air kedalam pori. Apabila interkoneksi porinya makin banyak maka saluran kapilerpun akan semakin banyak, akibatnya tekanan udara yang terjebak dalam pelet lebih besar dibandingkan tekanan air dari luar sehingga proses difusi air kepori-pori akan bersamaan dengan proses *swelling* dari pelet sempat mencapai titik jenuh dan akhirnya tenggelam. Oleh karena itu, semakin banyak pori dengan ukuran kecil dan saling saling terinterkoneksi akan menghambat difusi air masuk kepori-pori dan hal ini akan memperpanjang waktu apung.

Pengaruh Komposisi SS dan TJ Terhadap Waktu Apung

Dari data hasil pengujian sampel, pada umumnya kenaikan dari % berat kedua unsur SS dan TJ akan meningkatkan lamanya waktu apung. Dari Tabel 9, Tabel 10 dan Tabel 11, untuk komposisi 5 dan 10% berat SS didapatkan lama waktu apung rata-rata sebesar 6-12 menit. Nilai ini cukup rendah sehingga dengan produk pakan dengan waktu apung demikian masuk pada jenis semi apung (*slow sinking*). Sedangkan untuk sampel dengan kandungan unsur SS lebih besar dari 10% berat terjadi peningkatan lamanya waktu apung yang signifikan yaitu 59 menit untuk 15% dan 106 menit. Hal ini disebabkan karena pada komposisi kurang dari 10% berat masih belum cukup jumlah pati yang diperlukan mendorong terbentuknya gelatinisasi, karena pati adalah unsur yang berfungsi sebagai perekat. Selain itu pati juga mendorong kepada terbentuknya struktur pasta dan proses *swelling*. Sedangkan untuk kandungan unsur SS lebih besar dari 10%, proses gelatinisasi, struktur pasta dan *swelling* akan mendekati kondisi optimal. Sehingga proses pembentukan rongga cenderung meningkat, hal ini disebabkan unsur SS memiliki kadar amilose yang rendah sehingga daya ikat granul pati rendah juga, akibatnya pada proses pengeringan pakan mudah terbentuknya rongga.

Ketika kandungan % berat unsur TJ dinaikkan, lama waktu apungpun meningkat, tetapi tidak sebaik dari pada peningkatan kandungan unsur SS dalam pakan. Waktu rata-rata yang dihasilkan masih jauh dari waktu rata-rata apabila

jumlah kandungan SS lebih banyak. Hal ini disebabkan jumlah amilose yang dimiliki oleh bahan TJ lebih tinggi dibandingkan dengan bahan SS. Pengaruh kadar amilose yang tinggi pada proses retrograsi akan menghubungkan kembali atau reasosiasi ikatan antar rantai polimer pati yang telah terlarut dengan fragmen granul pati melalui ikatan hidrogen yang akan menghasilkan struktur pasta yang sangat rapat, kaku dan keras sehingga karakteristik *swelling* granul rendah.

KESIMPULAN

Pengaruh kandungan unsur SS dalam komposisi pakan sangat signifikan terhadap pengontrolan lamanya waktu apung dibandingkan dengan unsur TJ, dan komposisi optimalnya telah dicapai pada kandungan 15% dan 20% berat SS. Untuk mempertahankan kualitas nutrisi pakan, kandungan unsur SS harus dipilih yang jumlah penyusun komposisi rendah tetapi lama waktu apung masih signifikan. Komposisi 15% SS dan 20% TJ adalah rasio yang sangat optimal, tidak mengurangi jumlah komposisi kadar protein, karbohidrat, lemak dan vitamin dan dapat dipertahankan pada daerah komposisi yang masih dapat ditolerir.

DAFTAR PUSTAKA

- Bergosen, L. T, (2005), Effect of replacing fish meal with simple or complex mixtures of vegetable ingredients in diets fed to Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*), Thesis of Master of Science Degree, University of Saskatchewan.
- FAO, (1980), Fish feed technology, United Nations Development Programme FAO of The United Nation, Rome.
- FAO, (1987), Feed and feeding of fish and shrimp, United Nations Development Programme FAO of The United Nations, Rome.
- Fellows, P. J., (2000), Food processing technology, principle and practice, CRC, Press, England.
- Guy, R., (2001), Extrusion cooking technologies and application, CRC Press, England.
- <http://en.wikipedia.org/gelatinization>, September 2006.
- <http://en.wikipedia.org/protein>, September 2006.
- Kelompok Petani Ikan Subang , (2006), Komunikasi pribadi.
- Labconco, (1991), A guide to kjeldahl nitrogen determination methods and apparatus, an industry service publication, Athens.
- Maghaydah, S., (2003), Utilitation of fish processing by-products for nutritional formulation of fish feed, research report for Master of Science Degree, University of Wisconsin-Stout.

Onwulata, C., (2003), Encapsulated and powdered foods, CRC Press, England.

Sira, E. E., (2000), Determination of the correlation between amylose and phosphorus content and gelatinization profile of starches and flours obtained from edible tropical tubers using DSC and AAS, Thesis for Master of Science Degree, University of Wisconsin-Stout.